

Modelo de programación lineal para optimizar alternativas agroproductivas en fincas del piedemonte amazónico

Jader Muñoz-Ramos^{1,*}, Ramón Nonato Brunet-Leyva² & Mercedes Albelo²

¹ Grupo de investigación GIAZT, Universidad de la Amazonia, Florencia (Caquetá), Colombia.

² Facultad de Agronomía, Universidad Agraria de La Habana, San José de Las Lajas, Cuba.

Recibido, 1 de Diciembre de 2005; aceptado 7 de Febrero de 2006

Resumen

En las Veredas La Esperanza, La Paz, La Libertad y La Independencia, localizadas en el Municipio de Florencia (Departamento de Caquetá, Colombia), se realizó un estudio con el fin de plantear un modelo de programación lineal que permitiera optimizar el tamaño de las áreas destinadas a cada actividad productiva en fincas, basado en la maximización de la Utilidad Neta Total de las mismas. De acuerdo con información previa del medio biofísico, socioeconómico y cultural del área de estudio, y por consenso con la comunidad asentada allí, se definieron la finca típica representativa de las cuatro Veredas y las alternativas agroproductivas a ser implementadas en ella. Los datos obtenidos sirvieron de base para determinar los parámetros de las variables usadas en el modelo. En comparación con la situación inicial, con el modelo construido se determinaron tamaños de áreas productivas que permiten incrementar la Utilidad Neta Total de las fincas alrededor del 300 %.

© 2006 Universidad de la Amazonia. Todos los derechos reservados.

Palabras clave: programación lineal, optimización, alternativas agroproductivas, Amazonia, Colombia.

Abstract

At La Esperanza, La Paz, La Libertad and La Independencia Villages, located in the Municipality of Florencia (Department of Caquetá, Colombia), a study was carried out in order to obtain a linear programming model to optimize the size of each productive activity area in farms, based on the maximization of their Total Net Profit. According to previous information about biophysical, socioeconomical and cultural studies and by consensus with the community settled down in the study area, a typical farm representative of the four Villages as well as the agroproductive alternatives to be established on it were defined. Collected data were used for determining parameters of input variables of the model. With the constructed model, the size of productive areas was calculated and a Total Net Profit of about 300 %, as compared with the initial situation, was found.

© 2006 Universidad de la Amazonia. All rights reserved.

Key words: linear programming, optimization, agroproductive alternatives, Amazonia, Colombia.

Introducción

La Amazonia es considerada una fuente importante de servicios ambientales (Bryant *et al.*, 1997), dada en términos de *stocks* de carbono, estimado entre 140 y 350 $t.ha^{-1}$ (Vosti *et al.* 2002) y de biodiversidad, con probabilidad de más del 50% de las especies del mundo (Lele *et al.* 2000).

Los bordes de la Amazonia son presionados por proyectos de infraestructura con un componente considerable de agricultura a pequeña escala (Wilson *et al.* 2004), donde se ha considerado que los pequeños finqueros juegan un papel importante en la deforestación (Faminow 1998).

El establecimiento de pasturas en la Amazonia

colombiana, luego de la deforestación, fue favorecida por políticas de los gobiernos de incentivo a esta actividad, con apoyo de capital extranjero destinado para el fomento de la ganadería en esta región (Perea 1992). Sin embargo, actualmente persisten dudas acerca de la influencia relativa real de las operaciones de pasturas a pequeña y gran escala sobre la deforestación (Lele *et al.* 2000) y los cambios de uso del suelo en la Amazonia.

No se trata ahora de acabar con el modelo ganadero extensivo en la Amazonia colombiana, sino hacerlo más eficiente (Ramírez 2004), sin que se amplíe la frontera de la deforestación. El debate se centra en cómo manejar las áreas de borde de

los bosques, de tal forma que se consiga, simultáneamente (Vosti & Reardon 1997): (i) crecimiento económico a través de la agricultura, (ii) sostenibilidad ambiental, y (iii) alivio de la pobreza.

En este orden de ideas, la optimización de la producción agraria es un presupuesto clave que implica el empleo de herramientas que permitan adoptar las mejores decisiones, una de las cuales es la programación lineal. En ella se estudian los problemas acerca del extremo de la función lineal con acotaciones del tipo de igualdades y desigualdades, también dadas en forma de funciones lineales (Galéev & Tijomiírov 1991).

La selección de variables y restricciones que condicionen la naturaleza del proceso objeto de estudio en el espacio, es la base de una adecuada representación y solución de un determinado problema (Garvin 1970). Algunos modelos propuestos para explotación óptima del recurso agrícola en Colombia han sido propuestos por Guerra (1998) y Caraballo (2002), pero han sido principalmente teóricos.

Con base en todo lo anterior, se planteó el presente trabajo, el cual tiene como objetivo la optimización, mediante programación lineal, de alternativas agroproductivas para una finca típica en el piedemonte amazónico caqueteño colombiano.

Materiales y métodos

Las Veredas La Esperanza, La Paz, La Libertad y La Independencia hacen parte del Corregimiento de Venecia, en el Municipio de Florencia (Departamento de Caquetá, Colombia) y están localizadas entre las coordenadas cartesianas 642 000 y 653 000 *m* de Latitud Norte y los 842 000 y 847 000 *m* de Longitud Oeste, referenciadas con base en el *Datum* Observatorio de Bogotá. La información del medio biofísico y el medio socioeconómico y cultural fue tomada de la caracterización hecha por Muñoz (2004).

Mediante aplicación del método Delphi (Helmer 1966), con participación permanente de la comunidad, se definió una finca típica, se propusieron las actividades agroproductivas a desarrollar en ella y se estimaron los rendimientos.

La optimización de las áreas destinadas para manejo agrícola se hizo con un modelo de programación lineal que permitiera maximizar la utilidad neta de todo el sistema de cultivos, de

acuerdo con los rendimientos potenciales estimados, así:

$$\text{máx} Z = UNX$$

con

$$UN^T = s \cdot f(X)$$

$$t \cdot X \leq x$$

$$X \geq 0$$

donde *UN*: vector de las utilidades netas obtenidas por cada renglón productivo en la finca, de acuerdo con los precios exógenos de venta de productos y compra de insumos para producción, puestos en la finca, *X*: vector de las áreas destinadas potencialmente a los diferentes renglones productivos en la finca, *x*: restricciones por costos de producción, *f(X)*: función de áreas destinadas a la producción para *UN*, *s*: vector de utilidad neta por cada área de producción, *t*: vector de costo de producción para cada área destinada potencialmente a los diferentes renglones productivos en la finca.

El modelo fue procesado con el paquete de computación QM 1.41 para Windows (1997).

La evaluación financiera fue corregida según el valor de la depreciación del suelo, calculado a través del método de costo de reposición propuesto por Repetto *et al.* (1989), que consiste en la cuantificación del costo en que se incurriría al tratar de reponer los principales nutrientes (materia orgánica, N, P, K) que se pierden por erosión del suelo, con base en los costos de oportunidad vigentes para fertilizantes comerciales puestos en el área de estudio. El Valor de la Depreciación del Suelo se le aplicó solo a la situación con proyecto, para hacer más exigente el modelo.

Resultados y discusión

Con respecto a la definición de la finca típica, Escobar *et al.* (1993) encontraron que, para el estudio del tamaño de las fincas en el piedemonte amazónico caqueteño colombiano, estas deben agruparse en los siguientes rangos: <10 *ha*, 10 a 50 *ha*, 50 a 100 *ha*, 100 a 500 *ha* y >500 *ha*. Luego de agrupar las fincas en el área de estudio, se encontró que cerca del 75 % de ellas están en el rango entre 10 y 50 *ha*, con una media de 19,15 *ha*.

De acuerdo con la información primaria obtenida previamente sobre el medio biofísico y socioeconómico de las Veredas (Muñoz 2004), se definió una finca típica representativa del área de estudio mediante aplicación del método Delphi (Helmer 1966) con participación activa de los

finqueros, la cual tenía las siguientes características:

1. Un predio con extensión alrededor de 19 ha, con 4 ha en relieve de lomerío y el resto en relieve de terrazas.
2. Actividad principal ganadera de doble propósito, en pasturas principalmente nativas. El aprovechamiento mixto lo representaban los cultivos de yuca (*Manihot esculenta* Krantz) y plátano (*Musa paradisiaca* L.), con maíz (*Zea mays* L.) y sandía (*Citrullus lanatus*) en forma ocasional.
3. La mano de obra era principalmente familiar, con ayuda esporádica de jornaleros contratados como apoyo en la producción mixta.
4. La producción agrícola en esta finca era baja, debido al bajo nivel tecnológico y bajo nivel de manejo agronómico.
5. El mercadeo de los productos agrícolas se hacía puesto en la finca, con precios fluctuantes según el comportamiento de la oferta y la demanda.
6. Las alternativas de producción propuestas fueron los cultivos de plátano, arroz (*Oryza sativa* L.) con rotación de maíz y yuca con rotación de maíz, en los cuales los finqueros tenían experiencia y cuya producción tenía comercio asegurado al nivel local y regional.

En estas condiciones, se parte de una finca con 19 ha de extensión, de las cuales se utilizarán 4 ha para producción ganadera intensiva, 1 ha para obras de infraestructura y el resto para los cultivos mixtos concertados. Con base en la experiencia previa de los expertos y la tradicional de los finqueros, se estimaron los rendimientos que se pueden conseguir al momento de madurez del proyecto (Tabla 1), mediante aplicación del método Delphi (Helmer 1966).

Con los rendimientos estimados y los precios comerciales de las diferentes actividades a

desarrollar para su implementación, se obtuvo el flujo de caja presentado en la Tabla 2, el cual fue la base de cálculo para la optimización de la alternativa con programación lineal.

Tabla 1. Rendimientos estimados mediante método Delphi (Helmer, 1966) con participación de los finqueros.

Ítem	Situación Sin proyecto	Situación Con proyecto
Arroz ($t.ha^{-1}.año^{-1}$)	No	7
Maíz ($t.ha^{-1}.año^{-1}$)	2	3,5
Yuca ($t.ha^{-1}.año^{-1}$)	3,8	12
Plátano ($t.ha^{-1}.año^{-1}$)	7	10
Leche ($t.ha^{-1}.año^{-1}$)	1 2 1	5,22
Carne ($t.ha^{-1}.año^{-1}$)	0 2 7	0,99

Para aplicar el modelo a las alternativas productivas planteadas, se definieron las siguientes variables:

X_1 = Hectáreas a sembrar de arroz

X_2 = Hectáreas a sembrar de maíz que rota con arroz

X_3 = Hectáreas a sembrar de yuca

X_4 = Hectáreas a sembrar de maíz que rota con yuca

X_5 = Hectáreas a sembrar de plátano

Si se define UN_i como el Utilidad Neta de cada cultivo, entonces los tamaños de X_i óptimos serían aquellos que permitan maximizar el Utilidad Neta total de la finca (Z). Ello se consigue con la siguiente función objetivo:

$$\text{máx } Z = UN_1 X_1 + UN_2 X_2 + UN_3 X_3 + UN_4 X_4 + UN_5 X_5$$

$$\text{máx } Z = 445,15 X_1 + 124,39 X_2 + 1517,22 X_3 + 124,39 X_4 + 728,74 X_5$$

X_1 y X_2 no pueden ocupar el mismo espacio al mismo tiempo, por ser un cultivo la rotación del otro. Igual situación experimentan X_3 y X_4 .

Tabla 2. Flujo de caja de los cultivos propuestos, de acuerdo con el rendimiento estimado (situación con proyecto).

Ítem	Cultivo			
	Arroz	Maíz	Yuca	Plátano
Rendimiento ($t.ha^{-1}$)	7	3,5	12	10
Valor producción (US.t^{-1}$)	183,86	155,09	175,44	210,53
Total Ingresos (US.ha^{-1}$)	1287,02	542,81	2105,30	2105,30
Maquinaria (US.ha^{-1}$)	55,26	54,39	14,04	10,53
Insumos y materiales (US.ha^{-1}$)	370,46	171,4	136,84	669,72
Mano de obra (US.ha^{-1}$)	142,11	52,63	231,58	521,05
Otros costos (US.ha^{-1}$)	274,04	140,00	205,62	175,26
Total Costos (US.ha^{-1}$)	841,87	418,42	588,08	1376,56
Utilidad Neta (US.ha^{-1}$)	445,15	124,39	1517,22	728,74

Entonces, las restricciones por área son:

1. $X_1 = X_2$, entonces, $X_1 - X_2 = 0$
2. $X_3 = X_4$, entonces, $X_3 - X_4 = 0$
3. $X_1 + X_3 + X_5 = 14 \text{ ha}$

Además, se pueden plantear restricciones debidas a: uso de maquinaria, insumos y materiales, mano de obra y otros costos (como la asesoría técnica, por ejemplo), las cuales se pueden comparar contra el máximo posible de cada una de ellas. Ejemplo, en el caso de la restricción por maquinaria, el costo anual máximo era el del arroz, el cual ascendía a $55,26 \text{ US}\$.ha^{-1}$. Si se multiplica este valor por las 14 ha a cultivar, entonces el máximo costo por maquinaria en las alternativas planteadas es:

$$14 \text{ ha} * 55,26 \text{ US}\$.ha^{-1}.año^{-1} = 773,64 \text{ US}\$.año^{-1}$$

Con base en lo anterior, las restricciones serían:

4. $55,26 X_1 + 54,39 (X_2 + X_4) + 14,04 X_3 + 10,53 X_5$
773,64 (restricción por maquinaria)
5. $370,46 X_1 + 171,40 (X_2 + X_4) + 136,84 X_3 + 669,72 X_5$
9376,08 (restricción por insumos y materiales)
6. $142,11 X_1 + 52,63 (X_2 + X_4) + 231,58 X_3 + 521,05 X_5$
7294,7 (restricción por mano de obra)
7. $274,04 X_1 + 140 (X_2 + X_4) + 205,62 X_3 + 175,26 X_5$
3836,56 (restricción por otros conceptos)

Luego del procesamiento de los datos, se obtuvieron los siguientes resultados:

$$\begin{aligned} X_1 &= 0,00 \\ X_2 &= 0,00 \\ X_3 &= 8,12 \\ X_4 &= 8,12 \\ X_5 &= 5,88 \\ \text{máx } Z &= 17\,612,70 \end{aligned}$$

Es decir, se sugiere sembrar un área de 8,12 ha en yuca que rota con maíz y 5,88 ha en plátano, para obtener una utilidad neta de $17\,612,7 \text{ US}\$.año^{-1}$. Igualmente, el modelo sugiere no sembrar arroz.

Como los cálculos se hicieron con base en la producción tecnificada de los cultivos, ello explica la razón para que se sugiera no sembrar arroz, la cual es exigente en mecanización e insumos, para obtener un rendimiento que puede ser no rentable para finqueros menores.

Sin embargo, según Pérez (2003), existe posibilidad de duplicar el rendimiento del cultivo y, por ende, la Utilidad Neta obtenida, si se utiliza el Sistema Intensivo de Cultivo de Arroz (SICA), el cual se basa en preparación de suelo y trasplante manual, uso de abonos orgánicos y búsqueda de variedades que permitan alto rebrote con mínima fertilización y agua, además del menor uso de agua para el riego. De la misma forma, para el caso del plátano, Álvarez (2003) presenta un paquete tecnológico que permite aumento de rendimientos, con un mínimo de 90 % de plantas cosechables, a partir de una siembra ultradensa, en pequeñas parcelas, con utilización de abono orgánico y poca demanda de mano de obra.

En estas condiciones, se consideró que el modelo presenta una reserva potencial positiva de aumento de la utilidad neta si se usan como base del cálculo restricciones planteadas con base en siembra de arroz y plátano con estas tecnologías de bajos insumos. Sin embargo, las dos tecnologías aún no han sido validadas en el área de estudio, hecho que no permitió hacer el nuevo cálculo.

Con los rendimientos presentados en la Tabla 1 y los precios de mercado, se puede estimar también la utilidad neta de la producción ganadera doble propósito en la finca típica (Tabla 3).

Tabla 3. Utilidad Neta estimada de la producción ganadera intensiva doble propósito en el área de estudio, de acuerdo con precios de mercado (situación con proyecto).

Tamaño área ganadera (ha)	4,00
Rendimiento leche ($t.ha^{-1}.año^{-1}$)	5,22
Producción leche ($t.año^{-1}$)	20,80
Valor producción de leche ($\text{US}\$.año^{-1}$)	2 919,28
Rendimiento carne ($t.ha^{-1}.año^{-1}$)	0,99
Producción carne ($t.año^{-1}$)	3,96
Valor producción de carne ($\text{US}\$.año^{-1}$)	2 778,93
Costos totales carne y leche ($\text{US}\$.año^{-1}$)	-1 366,40
Utilidad Neta total finca ($\text{US}\$.año^{-1}$)	4 331,81

De acuerdo con la simulación hecha por Escobar et al. (2001), los resultados serían equivalentes al Valor Presente Neto obtenido a lo largo de 21 años por una ganadería tradicional con orientación a ceba evaluada con interés del 9%, o por una ganadería tradicional con orientación a leche evaluada con interés del 15%. Además, estos resultados se sustentan también en los informes de avance del estudio socioeconómico adelantado en fincas al interior del área de influencia de este estudio, en donde se puede apreciar cómo el

establecimiento de bancos de proteína ha permitido el incremento en la producción de leche, el cual comenzó a notarse desde el momento en que se comenzó la suplementación con las especies sembradas.

Por otro lado, Escobar (1993) estimó pérdidas de suelo por erosión de $8,7 \text{ t.ha.año}^{-1}$, para el lomerío del piedemonte amazónico caqueteño colombiano, y de $1,4 \text{ t.ha.año}^{-1}$, para los suelos en terrazas.

Con los datos de erosión en los dos paisajes, los contenidos promedio de materia orgánica, nitrógeno, potasio, fósforo y calcio en los suelos de cada uno de ellos y los precios de mercado de los fertilizantes, se aplicó la fórmula de Repetto *et al.* (1989) para el cálculo del valor de la depreciación del suelo (Tabla 4).

La suma de las utilidades agrícola y ganadera, menos el valor de la depreciación del suelo ofrece al año una utilidad neta total de US\$21 777,45.

En el caso de la situación sin proyecto para la finca típica, de nuevo se decidió dejar 1 ha de la misma para obras de infraestructura, y distribuir el resto de acuerdo con los porcentajes de uso del suelo encontrados para el área total de estudio. Con base en ello, se obtuvieron los resultados presentados en la Tabla 5.

Tabla 4. Valor de la depreciación del suelo de la finca típica, de acuerdo con las condiciones encontradas al momento del estudio.

Tamaño área en lomerío (ha)	4,00
Tamaño área en terrazas (ha)	15,00
Valor depreciación suelo en lomerío (US\$.ha ⁻¹)	19,94
Valor depreciación suelo en terraza (US\$.ha ⁻¹)	5,82
Valor total depreciación del suelo de la finca típica	167,06

Tabla 5. Situación sin proyecto para la finca típica, estimada de acuerdo con los porcentajes de uso del suelo del área total y las producciones encontradas al momento del estudio.

Uso	ha	Producción (t.ha ⁻¹ .año ⁻¹)	Producción Total (t)
Pastos (nativos, introducidos, de forraje, malezas)	17,4	Leche: 1,21 Carne: 0,27	21,05 4,70
Cultivos (yuca)	0,6	3,8	2,28
Obras de infraestructura	1,0	---	---

Como cultivo de referencia se usó la yuca por ser el que mejor utilidad neta tenía al momento del cálculo.

Con la producción estimada, los precios del mercado y los costos de producción reportados por los finqueros al momento de la encuesta, se obtuvieron las utilidades netas de la Tabla 6.

Tabla 6. Utilidad neta estimada de la situación sin proyecto para la finca típica.

Ítem	Valor Producción (US\$.año ⁻¹)	Costos Producción (US\$.año ⁻¹)	Utilidad Neta (US\$.año ⁻¹)
Leche	2 954,37	1 237,31	5 015,29
Carne	3 298,23		
Cultivo (yuca)	400,00	2 23,12	176,88
Utilidad neta total finca			5 192,17

De acuerdo con todo lo anterior, la rentabilidad que obtendría el finquero por implementación de las alternativas planteadas sería:

Utilidad neta de la finca típica situación con proyecto (US\$.año ⁻¹):	21 777,45
Utilidad neta de la finca típica situación sin proyecto (US\$.año ⁻¹):	5 192,17
Rentabilidad por implementación del proyecto (US\$.año ⁻¹):	16 585,28

Como la rentabilidad que se recibiría por implementación del proyecto es del orden del 300% de la utilidad neta de la situación sin la implementación del mismo, se consideró que había una validación financiera de las alternativas propuestas.

Conclusión

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede concluir que la maximización de la utilidad neta de las fincas a través de la aplicación de la programación lineal, apoyada en un conocimiento integral del territorio, hace posible la determinación del tamaño óptimo de las áreas destinadas para el desarrollo de las diferentes actividades agroproductivas en un territorio, hecho que viabiliza esta herramienta para buscar con ella la planificación eficiente del territorio, con miras al incremento de los ingresos de las fincas.

Agradecimientos

Los autores desean expresar sus más sinceros agradecimientos a los integrantes de la

comunidad de las Veredas La Esperanza, La Paz, La Libertad y La Independencia, por su inmensa colaboración para la obtención de los datos base del análisis presentado en este artículo.

Literatura citada

- Álvarez, J. M. 2003. Tecnología de futuro: una nueva concepción en la producción de plátano fruta y vianda en Cuba. Grupo Técnico de Biofábricas y Plátano. Ministerio de la Agricultura. Impresiones MINAG, La Habana.
- Bryant, D., D. Nielsen, L. Tangle. 1997. Ecosystems and economies on the edge. World Resources Institute. Washington, D.C. Artículo online: <http://www.wri.org/wr/ffi/lff-en/>
- Caraballo, L. J. 2002. Modelo de explotación óptima de la tierra para uso agrícola. *Agroalimentaria* 15: 13-17.
- Escobar, C. J. 1993. Algunos parámetros climáticos y edáficos relacionados con el manejo y conservación de los ultisoles del piedemonte amazónico en el Departamento de Caquetá. En: J. J. González & M. N. Ramírez (eds.). Construir la región: memorias de los encuentros promovidos por el Vicariato Apostólico de San Vicente del Caguán, CIFISAM, de 1989 a 1992. Ediciones Antropos, Bogotá, D.C. pp: 277-299.
- Escobar, C. J., J. E. Velásquez, J. García. 1993. Diagnóstico integral de la Amazonia colombiana. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Centro de Investigaciones Macagual. Florencia (Caquetá), Colombia.
- Escobar, C. J., J. J. Zuluaga, B. A. Gutiérrez, D. Criollo. 2001. Simulación de análisis financiero a nivel de finca en sistemas agrosilvopastoriles versus sistemas de ganaderos tradicionales en el Caquetá. CORPOICA - PRONATTA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria). Florencia (Caquetá), Colombia. Boletín Técnico.
- Faminow, M. D. 1998. Cattle deforestation and development in the Amazon: an economic, agronomic and environmental perspective. CAB International. Wallingford, U.K.
- Galéev, E. & V. Tijomírov. 1991. Breve curso de la Teoría de Problemas Extremales. Editorial Mir, Moscú.
- Garvin, 1970. Introduction to Linear Programming. Edición Revolucionaria. Instituto del Libro, La Habana.
- Guerra, A. 1998. Análisis económico de la conservación de suelos agrícolas en el piedemonte de Nariño. Tesis de Maestría. Universidad de los Andes, Bogotá, D.C.
- Helmer, O. 1966. The Delphi method for systematizing judgements about the future. University of California, Los Angeles.
- Lele, U., V. Viana, S. Verissimo, S. Vosti, K. Perkins, S. A. Husain. 2000. Brazil-forests in the balance: challenges of conservation with development. World Bank Operations Evaluation Department. World Bank, Washington, D.C. Evaluation Country Case Study Series.
- Muñoz, J. 2004. Alternativas de uso del suelo en terrazas aluviales de la Amazonia colombiana. En: B. L. Ramírez, C. A. Estrada, J. G. Rodríguez, J. Muñoz, A. Guayara (eds.). Aporte al conocimiento y sostenibilidad del agroecosistema intervenido de la Amazonia colombiana. Universidad de la Amazonia, Florencia (Caquetá), Colombia. pp: 141-176.
- Perea, E. 1992. Políticas para el desarrollo y conservación de la Amazonia. En: Seminario Internacional De Recursos Genéticos y Desarrollo Sostenible. Florencia. Memorias. Florencia (Caquetá), Colombia.
- Pérez, R. 2003. Sistema Intensivo de Cultivo Arrocero (SICA #2). Carta Agropecuaria Azucarera, N° 03-1. MINAZ 4/03, La Habana.
- Ramírez, B.L. 2004. Diagnóstico ambiental y alternativas de desarrollo sostenible en fincas ganaderas establecidas en la Amazonia colombiana. En: B. L. Ramírez, C. A. Estrada, J. G. Rodríguez, J. Muñoz, A. Guayara (eds.). Aporte al conocimiento y sostenibilidad del agroecosistema intervenido de la Amazonia colombiana. Universidad de la Amazonia, Florencia (Caquetá), Colombia. pp: 17-57.
- Repetto, R., W. Cruz, R. Solórzano, R. de Camino, R. Woodward, J. Tosi, V. Watson, A. Vázquez, C. Villalobos, J. Jiménez. 1989. Cuentas atrasadas: depreciación de los recursos naturales en Costa Rica. Instituto de Estudios Tropicales, San José (Costa Rica).
- Vosti, S. A. & T. Reardon. (ed.). 1997. Sustainability, growth and poverty alleviation: a policy and agroecological perspective. Johns Hopkins University Press, Baltimore, M.D.
- Vosti, S. A., J. Witcover, C. L. Carpentier. 2002. Agricultural intensification by small-holders in the Western Brazilian Amazon: from deforestation to sustainable land use. International Food Policy Research Institute - IFPRI, Research Report I 30.
- Wilson, K., A. Newton, C. Echeverria, C. Weston, M. Burgman. 2004. A vulnerability analysis of the temperate forests of